人工释放赤眼蜂对棉铃虫的防治作用及相关生态效应

刘万学[1]，万方浩[1*]，郭建英[1]，张 帆[2]，孙光芝[3]，孟昭军[3]
（1. 中国农业科学院生物防治研究所，农业部生物防治重点实验室，北京 100081；2. 北京市农林科学院植保环保所，北京 100089；3. 吉林农业大学现代化研究所，长春 130118）

摘要：1998～2000年在河北省南皮县棉区转Bt基因棉田及常规棉田中设置4种不同的组合处理，通过释放螟黄赤眼蜂控制棉铃虫的方法，减少化学农药的使用，达到提升和增强自然生物控制力的生态效应；并以不采取任何防治措施的常规棉田为常规棉对照田。研究表明：（1）转基因棉和常规棉棉田中自然寄生率随棉铃虫世代的增加而逐渐升高，2、3和4代棉铃虫卵被寄生率范围分别为13.3%～14.3%、26.7%～28.2%和60.8%～61.4%。（2）棉铃虫2代期，在常规棉综防田释放赤眼蜂2次，其寄生率为46.4%，比未释放赤眼蜂的转基因棉棉田和常规棉对照田提高33.1%和32.1%；3代期，转基因棉棉田释放赤眼蜂1次，其寄生率与常规棉综防田释放4次的效果相当，分别为73.7%和68.1%；但与转基因棉不放蜂田、常规棉化防田及对照田相比，分别提高45.5%、61. 8%和47.0%；4代期，无论放蜂与否，各处理棉田中的寄生率除化防田外（52.1%）均在60%以上。（3）常规棉化防田棉铃虫2代和3代期，分别使用农药2和3次，其自然寄生率分别为5.5%和11.9%，与对照田相比，分别降低8.8%和14.8%；与常规棉综防田相比，分别降低40.9%和56.2%；释放赤眼蜂的效果与施药时间有关，放蜂后1天内施药，寄生率仅为12.5%，施药后2天放蜂，寄生率达45.6%。（4）转基因棉棉田棉铃虫累计数和百株蕾铃被害数比常规棉综防田分别减少74.8%和73.8%，捕食性天敌增加63.0%；放蜂Bt棉田比不放蜂Bt棉田棉铃虫累计数、百株蕾铃被害数分别减少61.8%和33.3%；常规棉综防田棉铃虫累计数、百株蕾铃被害数、农药使用量比化防棉田分别减少29.7%、43.4%和60.0%，捕食性天敌数量增加63.0%。（5）转基因棉田和综防棉田的益害比（捕食性天敌/植食性害虫）分别为0.47:1和0.30:1，而化防棉田为0.24:1。上述结果表明释放赤眼蜂可弥补抗虫棉后期抗性减弱的不足，增加田间自然天敌的数量，提高对棉田害虫的自然控害功能。

关键词：棉铃虫；螟黄赤眼蜂；转Bt基因棉；控害作用
中图分类号：S476 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2003）03-0311-07

Control of *Helicoverpa armigera* and related ecological effects following mass-release of *Trichogramma chilonis* in transgenic Bt and routine cotton fields

LIU Wan-Xue[1]，WAN Fang-Hao[1*]，GUO Jian-Ying[1]，ZHANG Fan[2]，SUN Guang-Zhi[3]，MENG Zhao-Jun[3]（1. Institute of Biological Control，Chinese Academy of Agricultural Sciences，Beijing 100081，China；2. Institute of Plant and Environment Protection，Beijing Academy of Agricultural and Forestry Sciences，Beijing 100089，China；3. Institute of Modernization，Jilin Agricultural University，Changchun 130118，China）

Abstract：To understand the ecological effects of mass-releasing *Trichogramma chilonis* in cotton fields，the biological control effects of this parasite were examined in two transgenic Bt cotton fields：one in which *T. chilonis* had been released and one in which it had not；and three non-transgenic cotton fields：one in which *T. chilonis* had been released in conjunction with chemical pesticides（IPM field），one with chemical pesticides only（chemically controlled field），and a natural control field as the control（no *T. chilonis* release or pesticides），in Nanpi County，Hebei Province，1998－2000. The results show that：（1）natural parasitism in both types of cotton fields gradually increased from 13.3%－14.3% in the second generation to 26.7%－28.2% in the third generation and 60.8%－61.4% in the fourth generation.（2）In the IPM field，a second release of *T. chilonis* achieved a parasitism rate in the second generation of the

基金项目：国家重点基础研究发展规划项目（G2000016209）；国家自然科学基金项目（30000115）
作者简介：刘万学，男，1973年2月生，湖南衡阳人，博士，研究方向为化学生态学及害虫综合防治，E-mail：liuwx@cjac.org.cn
＊ 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：wanfh@cjac.org.cn
收稿日期 Received：2002-05-13；接受日期 Accepted：2003-03-12

cotton bollworms of 46.4%, an increase of 33.1% and 32.1%, compared to the non-release transgenic Bt and pesticide fields. In the transgenic Bt cotton field in which *T. chilonis* had been released, parasitism of the third generation of cotton bollworms reached 73.7%, similar to that in the IPM field and an increase of 45.5%, 61.8% and 47.0%, respectively, compared to the non-release transgenic field, and the pesticide and control fields. Parasitism of the fourth generation of cotton bollworms was, except for the pesticide field (52.1%), in excess of 60.0% in all other fields. (3) Parasitism in the pesticide field was 5.5% in the second generation and 11.9% in the third generation, a decrease of 8.8% and 14.8%, compared to the transgenic field in which *T. chilonis* had been released, and 40.9% and 56.2% compared to the IPM field. Releasing *T. chilonis* one day before using insecticides was associated with a parasitism rate of just 12.5%, while releasing *T. chilonis* two days after using insecticides was associated with parasitism rates of up to 45.6%. (4) Compared to the IPM field, the total number of cotton bollworm larval and buds and bolls injured per 100 plants in the pesticide field decreased by 74.8% and 73.8%, the total number of predators increased by 63.0%. The total number of cotton bollworm larval, and buds and bolls injured in the transgenic Bt cotton field in which *T. chilonis* was released decreased by 61.8% and 33.3%, compared to the non-release transgenic Bt field. Compared to the pesticide field, the total number of cotton bollworm larval, buds and bolls injured, and the use of insecticide in the IPM field, decreased by 29.7%, 43.4% and 60.0%, while the total number of predators increased by 63.0%. (5) The ratio of predators/phytophagous pests was 0.47 in the non-release transgenic Bt field, 0.30 in the IPM field, 0.24 in the pesticide field. The above results indicate that mass-release of *T. chilonis* can greatly enhance control of the cotton bollworm in both transgenic and non-transgenic cotton fields.

Key words: *Helicoverpa armigera*; *Trichogramma chilonis*; transgenic Bt cotton; control role

转基因作物的推广与应用给农业生产带来巨大的利益。2001年全球主要转基因作物（大豆、玉米、棉花、油菜、马铃薯、木瓜、西葫芦）的种植面积达到5 260万公顷，比1996年的种植面积增加了31倍。中国转基因作物种植的面积在美国、阿根廷、加拿大之后，位居第四（ISAAA，2002），特别是具有自主知识产权的转基因抗虫棉的大规模生产应用累计推广1 000万公顷。几年来的生产实践证明，转基因抗虫棉对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的猖獗危害起到了很好的抑制与抗虫作用，同时保护和增强了捕食性天敌的数量与作用（刘万学等，2002；万方浩等，2002；茹李军等，2002；芮昌辉等，2002；邓曙东等，2003）。但由于Bt（*Bacillus thuringiensis*）毒蛋白在植物体内表达的时间差异性，在棉花生产后期，棉铃虫第3、4代，一些棉区的Bt棉田仍须进行必要的药剂防治（赵建周等，1998；崔金杰和夏敬源，2000；张惠珍等，2000），同时一些次要害虫如棉粉虱等的种群数量逐渐上升，这就提出了另一个问题，如何进一步减少喷药次数，达到保护自然天敌昆虫对其它害虫的控制作用，增强转Bt基因棉与自然天敌昆虫的联合控害的功能。为此，1998～2000年，我们在河北棉区，设置不同的处理区（转基因棉与常规棉），通过释放赤眼蜂，比较其控制作用与生态效应，达到控制棉花生产后期棉铃虫的危害，与减少化学农药的使用次数来保护天敌控制其它害虫的双重目的。

1 材料与方法

1.1 试验地点

1998～2000年在河北省南皮县面积约14 hm^2的实验区内，设置2类棉田：转Bt基因棉棉田（释放赤眼蜂与不放蜂2个处理）和常规棉棉田（设置综防田：以释放赤眼蜂为主，辅以化学防治；化防田：不释放赤眼蜂，全部实行化学防治措施），4块处理田相距各约500 m，各处理面积均约0.33 hm^2；以不采取任何防治措施的常规棉棉田为对照（约0.0673 hm^2）。试验区毗邻大田作物，春季主要为小麦，夏季主要为玉米，周边有零星苜蓿地和大豆地。

1.2 实验设计

转Bt基因棉（品种为冀岱-33B）棉田2种处理：（1）在棉花生长中后期，棉铃虫3、4代发生期各释放赤眼蜂1次（7月23日和8月18日），不喷药；（2）全生育期均不放蜂，也不喷药。常规棉（中棉12）棉田2种处理：（1）综防田共放蜂9次，在棉铃虫2、3和4代分别释放赤眼蜂2、4和3次，放蜂时间分别为6月19、24日，7月21、23、

26、28 日，8 月 13、18、21 日；棉铃虫发生期施药两次，分别为 6 月 30 日和 7 月 27 日；（2）化防田在棉铃虫发生期施药 5 次，时间分别为 6 月 25 日，7 月 3 日、6 日、25 日和 8 月 6 日。使用农药主要为有机磷类和菊酯类农药。

1.3　调查内容及方法

（1）棉铃虫及天敌发生动态的调查：采用棋盘式 10 点取样，每点 10 株，从 6 月 10 日至 9 月底，每 5 天调查 1 次，定点定株系统调查各处理棉田所有节肢动物的种类、数量及棉铃虫卵量。

（2）赤眼蜂的释放和寄生率的调查：螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* Ishii 由吉林农业大学赤眼蜂繁殖中心生产，每次放蜂量约为 18～21 万头/hm^2，每 666.7 m^2 均匀放 8～10 个点。在棉铃虫卵高峰期和赤眼蜂释放后第 3 天，从棉田采卵 200～500 粒回室内观察，以 3 天后未孵化的饱满黑卵计为寄生。

（3）棉株蕾铃被害情况调查：6 月 30 日，7 月 26 日、31 日和 8 月 6 日、25 日分别调查转 Bt 基因棉棉田和常规棉棉田百株蕾、铃被害数量。

2　结果与分析

2.1　棉田捕食性天敌发生动态

棉田棉铃虫捕食性天敌种类丰富、数量较多，主要有瓢虫类、草蛉类、食虫蝽类和蜘蛛类。优势天敌有：龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*（Thungberg）、叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma* Wesmael、中华草蛉 *C. sinica* Tjeder、大草蛉 *C. septempunctata* Wesmael、姬猎蝽 *Nabis* sp.、微小花蝽 *Orius minutus* Linnaeus、异须盲蝽 *Campylomma diversicornis* Reuter、狼蛛 *Pardosa tinsignita*（Boes. *et* Str.）、草间小黑蛛 *Erigonnidium graminicolum*（Sundevall）、侧纹蟹蛛 *Xysticus lateralis atrimaculatus* Boes. *et* Str.、三突花蛛 *Misumenopos tricuspidata*（Fahricius）、蚁型狼蟹蛛 *Thanatus formicinus* Clerck、温室希蛛 *Achaearanea tepidariorum* Koch、黑亮腹蛛 *Singa hamata* Clerck 等。

南皮棉区 2、3、4 代棉铃虫卵发生盛期分别在 6 月下旬、7 月下旬和 8 月下旬，捕食性天敌数量的发生动态与棉铃虫卵期基本一致，仅 2 代棉铃虫卵高峰期早于捕食性天敌发生高峰期约 5 天。不放蜂转 Bt 基因棉棉田捕食性天敌的发生保持一个较高的数量动态（图 1：B）。常规棉综防田由于 6 月 30 日和 7 月 27 日施用农药使天敌数量剧减，随后虽有所恢复，但 7 月底天敌恢复速度明显不如 7 月上中旬（图 1：A）。3、4 代棉铃虫发生期，常规棉综防田捕食性天敌数量大于棉铃虫卵量，高峰期二者数量比分别为 1.69:1 和 1.29:1。

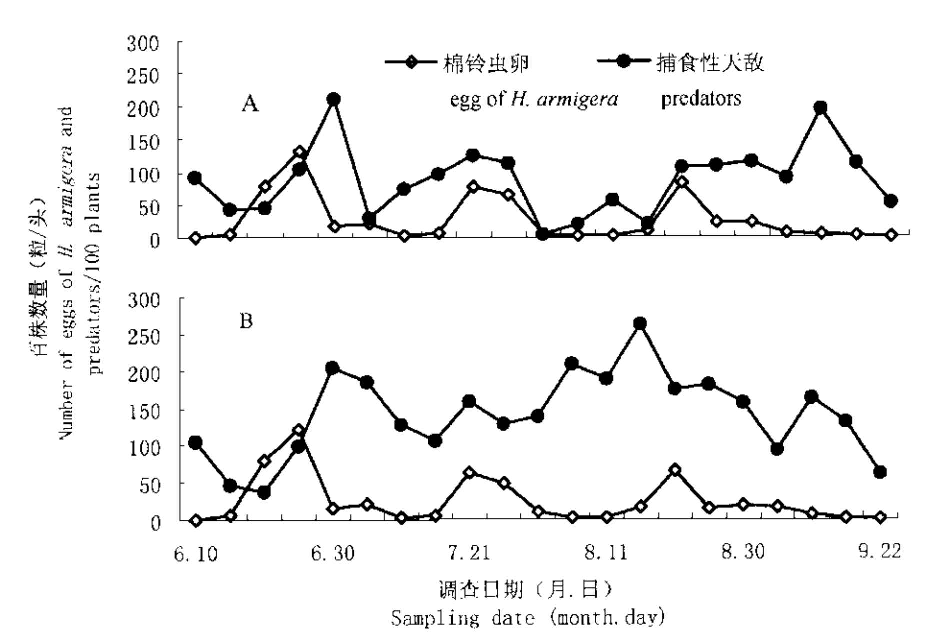


图 1　常规棉综防田（A）和不放蜂转 Bt 基因棉田（B）棉铃虫卵量和捕食性天敌数量动态（河北南皮，1998）

Fig. 1　Seasonal dynamics of *H. armigera* eggs and its predators in routine cotton field（A）and transgenic Bt cotton field without releasing *Trichogramma*（B）（Nanpi，Hebei，1998）

棉铃虫卵多分布于棉株上部，综防棉田中百株累计卵555粒，其中棉株上部最多（73.0%），中部和下部分别占22.7%和4.3%。从捕食性天敌空间累计分布看，棉株上、中、下部较均匀，分别占37.6%、32.5%和29.9%。从棉铃虫发生的世代来看，2、3和4代棉铃虫卵发生盛期，棉株上部天敌分布比例逐渐上升，分别为30.1%、41.7%和47.6%，其余时间如6月底至8月中旬、8月底至9月中旬，棉株上部天敌分布较少。转基因棉田中，捕食性天敌在棉株上、中和下部的分布分别为40.6%、29.7%和29.7%，其中，3和4代棉铃虫发生盛期，棉株上部天敌分布比例分别为35.1%和45.1%。

棉田捕食性天敌食性广，棉铃虫仅是其食物之一。从个体数量来看，棉田植食者数量往往多于捕食性天敌数量，不放蜂转基因棉田中二者比为2.13:1，常规棉综防田中二者比为3.36:1。并且在不同的棉铃虫发生世代，二者比值变化较大，常规棉综防田中二者比为2代低，3、4代高，分别为1.68:1、3.36:1和3.17:1。从植食者的空间分布来看，棉铃虫2代，植食者在棉株上部占优势（占70.3%），3代棉株的中、下部占优势，所占比例分别为39.1%、40.7%，4代棉株上部占优势（占75.9%）。

以上结果表明，棉田天敌数量多，与棉铃虫发生动态较一致，但由于天敌种类多样，嗜好性的差异影响其空间分布，从而削弱了对棉铃虫的控制作用，可通过释放赤眼蜂来加强空间控制作用。

2.2 释放赤眼蜂控制棉铃虫的效应

赤眼蜂是控制棉铃虫卵的优势天敌，对棉铃虫的种群发展起到很强的控制作用（表1）。（1）自然寄生率：无论是转基因棉棉田，还是常规棉棉田，棉铃虫卵的自然被寄生率随棉铃虫的发生世代而逐渐升高，2、3、4代棉铃虫卵的被寄生率范围分别为13.3%～14.3%、26.7%～28.2%和60.8%～61.4%，同一代无明显差异。（2）释放赤眼蜂的增强效应：棉铃虫2代期，常规棉综防田释放赤眼蜂2次，其寄生率为46.4%，比未释放赤眼蜂的转基因棉棉田和常规棉对照棉田分别提高33.1%和32.1%；3代期，转基因棉棉田和常规棉棉田人工释放赤眼蜂，棉铃虫卵被寄生率均较高，常规棉综防田放蜂后的寄生率与转基因棉不放蜂田、常规棉化防田及常规棉对照田相比，分别提高39.9%、56.2%和41.4%；4代期，无论放蜂与否，各类棉田中的寄生率，除化防田外，均在60%以上。（3）使用农药对赤眼蜂寄生率的影响：常规棉化防田棉铃虫2代和3代期，分别使用农药2和3次，其自然寄生率分别极低，与对照田相比，分别降低8.8%和14.8%；与常规棉综防田相比，分别降低40.9%和56.2%。

表1 不同棉田中棉铃虫卵的寄生率（%）

Table 1 Parasitism (%) of eggs of *H. armigera* by *T. chilonis* in different types of cotton fields

代别 Generations	转Bt基因棉田 Transgenic Bt cotton fields		常规棉棉田 Non-transgenic cotton fields		
	未放蜂 Without release of *T. chilonis*	释放赤眼蜂 With release of *T. chilonis*	对照 Control	化防田 Chemically controlled	综防田 IPM
2代 2nd	13.3	14.1	14.3	5.5	46.4
3代 3rd	28.2	73.7	26.7	11.9	68.1
4代 4th	61.4	77.5	60.8	52.1	73.9

此外，施药时间影响寄生效果。3代棉铃虫发生期，放蜂后1天内施药，卵寄生率仅为12.5%，与化防田的寄生率接近；而施药1天后放蜂，平均寄生率仍达45.6%。

以上结果表明，赤眼蜂可很好地增强对棉铃虫的控制作用；棉田连续释放赤眼蜂对棉铃虫控制作用有累加效应；合理使用化学农药是提高和保护赤眼蜂寄生率的关键。

2.3 不同处理措施对棉铃虫的控制效果

从表2来看，棉铃虫不同世代棉铃虫幼虫百株累计数量及百株全年累计数量均表现为：转基因棉放蜂棉田＜转基因棉不放蜂棉田＜常规棉综防棉田＜常规棉化防棉田；棉铃虫幼虫累计数量均表现为：3代＞2代＞4代。放蜂的Bt棉田比不放蜂的

Bt 棉田百株幼虫数减少 61.8%，常规棉综防棉田百株幼虫数比化防棉田减少 29.7%，Bt 棉田比常规棉综防棉田减少 74.8%。就百株捕食性天敌数量来说，常规棉综防田比化防田增加 80.8%，Bt 棉田不放蜂田比常规棉综防棉田增加 63.0%。表明以放蜂为主的综合防治效果优于化防，Bt 棉田后期释放赤眼蜂可增强控制作用，弥补抗虫棉后期抗性减弱的不足。此外，捕食性天敌数量的增加可对其它植食性害虫起到控制作用，Bt 棉田和综防棉田的益害比分别为 0.47∶1 和 0.30∶1，而化防棉田为 0.24∶1。

棉铃虫发生期常规棉综防田较化防田减少了 60% 的农药使用量，每公顷节省经济成本约 172.5 元。从防治效果来看，综防棉田百株蕾、铃被害数比化防棉田降低了 43.4%（表 3），其中 2 代棉铃虫发生期综防棉田蕾铃被害数远小于化防棉田，3 代棉铃虫发生期综防田蕾铃被害数与化防棉田相当（7 月 26 日）或稍高于化防棉田（7 月 31 日），可能与其在 7 月 27 日施药对天敌和释放的赤眼蜂（放蜂后 1 天）的杀伤，而降低了天敌的控害效果有关。8 月 6 日，化防田蕾铃被害数比综防棉田增加 383.3%，这可能在于化防棉田天敌数量锐减（百株平均仅 7 头），而综防田释放赤眼蜂加强了对棉铃虫卵的控制作用。4 代棉铃虫发生期，尽管综防棉田的赤眼蜂寄生率略高于化防棉田，但化防田和综防田的蕾铃被害数差异不大，可能与后期棉田天敌的控制作用增强有关。转 Bt 基因棉棉田百株蕾、铃被害数比常规棉综防田减少 73.8%，放蜂 Bt 棉田比不放蜂 Bt 棉田百株蕾、铃被害数减少 33.3%。

表 2　不同类型棉田中棉铃虫幼虫和捕食性天敌密度（百株累计头数）

Table 2　Densities of cotton bollworm and predators in different types of cotton fields（insects/100 plants）

棉田类型 Types of cotton fields	处理措施 Treatment	棉铃虫 Cotton bollworm				捕食性天敌累计 Sum of predators
		2 代 2nd generation	3 代 3rd generation	4 代 4th generation	总计 Total	
常规棉棉田 non-transgenic cotton	化学防治 chemically controlled	68	72	56	192	998
	综合防治 IPM	43	70	22	135	1 804
转 Bt 基因棉棉田 Bt cotton	不放蜂 no release of *T. chilonis*	8	22	4	34	2 941
	释放赤眼蜂 with release of *T. chilonis*	2	10	1	13	2 986

表 3　不同类型棉田不同时期的百株蕾和铃被害数（河北南皮，1998）

Table 3　Numbers of buds and bolls injured per 100 plants by cotton bollworms in different types of cotton fields（Nanpi，Hebei，1998）

棉田类型 Types of cotton fields	处理措施 Treatment	调查日期（月．日）Sampling date（month．day）					总和 Total
		6.30	7.6	7.31	8.6	8.25	
常规棉棉田 non-transgenic cotton	化学防治 chemically controlled	82	14	16	58	12	182
	综合防治 IPM	28	14	21	12	10	103
转 Bt 基因棉棉田 Bt cotton	不放蜂 no release of *T. chilonis*	5	2	3	9	8	27
	释放赤眼蜂 with release of *T. chilonis*	5	2	2	5	4	18

3　讨论

棉田棉铃虫捕食性天敌数量多，在降低棉铃虫基数中起到重要作用，但种类多，食性广，嗜好性有差异而造成空间分布的差异削弱了其对棉铃虫的控制作用。因此，在常规棉田棉铃虫卵发生盛期，单纯依靠自然天敌难以控制棉铃虫，释放赤眼蜂可弥补时空上的不足，大大减少化学农药的使用，降低成本，保护天敌并加强天敌对棉铃虫的控制作用。本研究结果显示，以释放赤眼蜂为主的综防措施对棉铃虫的防效优于化学防治。

螟黄赤眼蜂是控制棉铃虫的优势蜂种。冯建国等（1997）和刘建峰等（1998）报道，人工释放赤眼蜂对 2、3 代棉田棉铃虫有较高的寄生率。本研究显示，棉田前期释放赤眼蜂寄生率低，可能在于前期高温干燥，卵卡羽化率低（39.8%），降低了寄生蜂的寄生；而中、后期由于气温下降，棉田温、湿度较为适宜，卵卡羽化率高（分别为 75.2% 和 86.5%）以及中、后期赤眼蜂的累计寄生效应，致使中、后期寄生蜂寄生率高。因为螟黄赤眼蜂的寄生率受温度影响大，适宜温度为 25 ~ 28℃，32℃几乎不寄生（宫云秀等，1996）。此外，棉田后期寄生率高也可能与赤眼蜂在棉田累计寄生造成田间基数较高有关，同时中后期棉株上的花粉、花蜜对提高赤眼蜂的寿命和产卵力可能有一定的帮助。后期化防棉田寄生率高，可能与邻近玉米地和未施化学农药 Bt 棉田积累的赤眼蜂迁入有关。

Bt 棉对棉铃虫的杀虫活性存在明显的时间差异和器官差异，抗虫棉表现为前期抗性较强而中后期抗性较弱（赵建周等，1998）。在一些 Bt 棉种植区，中后期仍需喷药 3 ~ 4 次扫除残虫（崔金杰和夏敬源，2000；张惠珍等，2000）。可能由于中、后期棉铃虫主要产卵在棉株的花蕾上（如 4 代棉铃虫的卵粒分布：萼片上占 60.2%，花瓣上占 9.6%，叶面上占 19.3%，茎上占 8.4%，幼铃上占 2.4%。），棉铃虫初孵幼虫取食毒性低的花瓣而得以存活（赵建周等，1998），此期释放赤眼蜂，可压低棉铃虫卵基数，弥补 Bt 棉抗性减弱的不足，最大限度地减少农药的使用和保护天敌，降低棉铃虫在转 Bt 基因抗虫棉持续高选择压力下抗性个体产生的机率。另外，保护下来的天敌也可加强对其它害虫（如伏蚜）的控制作用。

当赤眼蜂对棉铃虫的控制效果受多种因素影响而不尽如人意时，吴钜文等（1996）提出放蜂 3 天后即可施药的措施，本研究结果认为，施用农药后 2 天后亦可释放赤眼蜂来压低棉铃虫卵基数。

参　考　文　献　（References）

Cui J J, Xia J Y, 2000. Effects of Bt（*Bacillus thuringiensis*）transgenic cotton on the dynamics of pests population and their enemies. *Acta Phytophylacia Sin.*, 27（2）: 141 – 145.［崔金杰，夏敬源，2000. 转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 植物保护学报，27（2）: 141 – 145］

Deng S D, Xu J, Zhang Q W, Zhou S W, Xu G J, 2003. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*, 46（1）: 1 – 5.［邓曙东，徐静，张青文，周世文，徐冠军，2003. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46（1）: 1 – 5］

Feng J G, Tao X, Zhang A S, Zhuang Q Y, 1997. Study on using artificial eggs of *Trichogramma chilonis* to control *Helicoverpa armigera*. *Chin. J. Biol. Control*, 13（1）: 6 – 9.［冯建国，陶训，张安盛，庄乾营，1997. 用人造卵繁殖的螟黄赤眼蜂防治棉铃虫研究. 中国生物防治，13（1）: 6 – 9］

Gong Y X, Wang S Q, Wu J W, 1996. A study on biology of trichogrammatids reared in artificial eggs. In: Zhang Z L, Piao Y F, Wu J W eds. Proceedings of the National Symposium on IPM in China. Beijing: China Agricultural Scientech Press. 1 144.［宫云秀，王素琴，吴钜文，1996. 人造卵赤眼蜂生物学特性研究. 见：张芝利，朴永范，吴钜文主编. 中国有害生物综合治理论文集. 北京：中国农业科技出版社. 1 144］

ISAAA, Global G M, 2002. Crop area continues to grow and exceeds 50 million hectares for first time in 2001. http: //www.isaaa.org, 10 January.

Liu W X, Wan F H, Guo J Y, 2002. Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic Bt cotton field. *Acta Ecol. Sin.*, 22（5）: 729 – 735.［刘万学，万方浩，郭建英，2002. 转 Bt 基因棉田节肢动物群落营养层及优势功能团的组成与变化. 生态学报，22（5）: 729 – 735］

Liu J F, Liu Z C, Feng X X, Li D S, 1998. Present status of mass-rearing *Trichogramma* with artificial host eggs to control insects pests. *Chin. J. Biol. Control*, 14（3）: 139 – 140.［刘建峰，刘志诚，冯新霞，李敦松，1998. 利用人工卵繁殖赤眼蜂及其田间防虫试验概况. 中国生物防治，14（3）: 139 – 140］

Ru L J, Zhao J Z, Rui C H, 2002. A simulation model for adaptation of cotton bollworm to transgenic Bt cotton in northern China. *Acta Entomologica Sinica*, 45（2）: 153 – 159.［茹李军，赵建周，芮昌辉，2002. 华北地区棉铃虫对转 Bt 基因抗虫棉抗性适应的模拟模型. 昆虫学报，45（2）: 153 – 159］

Rui C H, Fan X L, Dong F S, Guo S D, 2002. Temporal and spatial dynamics of the resistance of transgenic cotton cultivars to *Helicoverpa armigera*. *Acta Entomologica Sinica*, 45（5）: 567 – 570.［芮昌辉，范贤林，董丰收，郭三堆，2002. 不同转基因抗虫棉对棉铃虫抗虫性的时空动态. 昆虫学报，45（5）: 567 – 570］

Wan F H, Liu W X, Guo J Y, 2002. Comparison analysis of the functional groups of natural enemy in transgenic Bt-cotton field and non-transgenic cotton fields with IPM, and chemical control. *Acta Ecol. Sin.*, 22 (6): 935 – 942.［万方浩，刘万学，郭建英，2002. 不同类型棉田棉铃虫天敌功能团的组成及时空动态. 生态学报，22 (6): 935 – 942］

Wu J W, Wang S Q, Gong Y X, 1996. Coordinated control of *Helicoverpa armigera* with *Trichogramma chilonis* and chemicals. In: Zhang Z L, Piao Y F, Wu J W eds. Proceedings of the National Symposium on IPM in China. Beijing: China Agricultural Scientech Press. 610 – 611.［吴钜文，王素琴，宫云秀，1996. 赤眼蜂与化学农药协调防治棉铃虫. 见：张芝利，朴永范，吴钜文主编. 中国有害生物综合治理论文集. 北京：中国农业科技出版社. 610 – 611］

Zhang H Z, Wang M D, Dai H P, Zhou Y H, Wang S K, Dong Q F, 2000. Dynamics of *Helicoverpa armigera* in Bt transgenic cotton fields and its damage. *Entomol. Knowledge*, 37 (3): 146 – 148.［张惠珍，王马的，戴慧平，周艳辉，王书魁，董巧风，2000. 转 Bt 基因抗虫棉田棉铃虫消长规律及危害特点. 昆虫知识，37 (3): 146 – 148］

Zhao J Z, Zhao K J, Lu M G, Fan X L, Guo S D, 1998. Interactions between *Helicoverpa armigera* and transgenic Bt cotton in north China. *Scientia Agri. Sin.*, 31 (1): 1 – 6.［赵建周，赵奎军，卢美光，范贤林，郭三堆，1998. 华北地区棉铃虫与转 Bt 杀虫蛋白基因棉花间的互作研究. 中国农业科学，31 (1): 1 – 6］